

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-156439

(43)Date of publication of application : 06.06.2000

(51)Int.Cl.

H01L 23/36

H01L 23/34

(21)Application number : 10-331655

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 20.11.1998

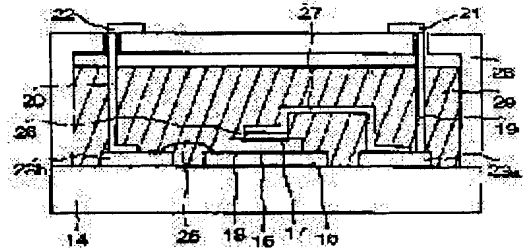
(72)Inventor : USUI OSAMU  
MUTO HIROTAKA  
OI TAKESHI  
KINOUCHI SHINICHI  
HORIGUCHI GOJI  
KIKUNAGA TOSHIYUKI  
KIKUCHI TAKUMI

## (54) POWER SEMICONDUCTOR MODULE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce thermal resistance from a power semiconductor device to a heat sink by cooling with the heat sink via a tabular or block-shaped dissipating member from the upper surface of the power semiconductor device.

**SOLUTION:** An insulation substrate 15 consisting of alumina, aluminum nitride, or the like is joined onto a sink 14 that is made of aluminum, copper, or the like by soldering or the like. A collector electrode 18 of an IGBT element 16 as a power semiconductor device is electrically connected to a metal thin plate on the insulation substrate 15 with a conductive material such as solder, and the IGBT element 15 is mounted onto the heat sink 14 via the insulation substrate 15. Then, one end of a cooling member 27 is joined to the upper surface of the IGBT element 16 via a conductive junction member 26, the other end is joined to the heat sink 14 via a relay substrate 23a, and heat is radiated from the upper surface of the IGBT element 16 to the heat sink 14 via the dissipating member 27, thus reducing thermal resistance from the IGBT element 16 to the heat sink 14.



(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 23/36  
23/34

識別記号

F I  
H 0 1 L 23/36  
23/34

テームコード\* (参考)  
D 5 F 0 3 6  
A

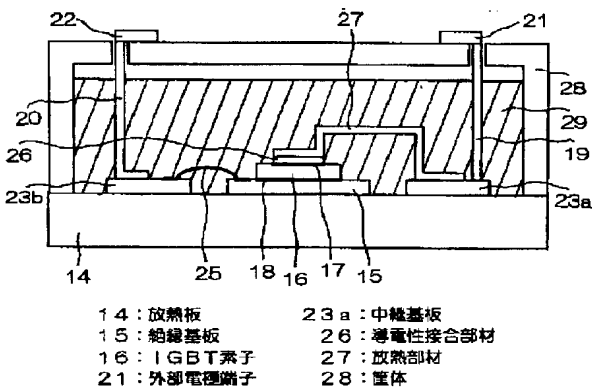
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願平10-331655	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号
(22) 出願日	平成10年11月20日 (1998. 11. 20)	(72) 発明者	碓井 修 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三 菱電機株式会社内
		(72) 発明者	武藤 浩隆 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三 菱電機株式会社内
		(74) 代理人	100102439 弁理士 宮田 金雄 (外 2 名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワー半導体モジュール

(57) 【要約】  
【課題】 IGBT素子16が、その下面が放熱板14上に搭載されて筐体28内に収納されるIGBTモジュールにおいて、IGBT素子16に発生する熱を放熱板14に放熱する際の熱伝導路の熱抵抗を低減して、IGBT素子16の発熱温度を低減させる。  
【解決手段】 IGBT素子16の上面のエミッタ電極17と放熱板14上に設けた絶縁性中継基板23aとを平板状の金属で構成された放熱部材27で接合し、IGBT素子16の上面と下面の双方から放熱板14への放熱を可能にする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パワー半導体素子が、その下面が放熱板上に搭載されて筐体内に収納されるパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体素子の上面と上記放熱板上とに接合される平板状またはブロック状の放熱部材を備え、該放熱部材を介して上記パワー半導体素子の上面から上記放熱板に放熱するようにしたことを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項 2】 放熱板に段差を設けて、放熱部材が接合される領域の上記放熱板上面の高さを、該放熱板のパワー半導体素子搭載面の高さより高くしたことを特徴とする請求項 1 記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 3】 パワー半導体素子が、放熱板上に絶縁基板を介して搭載され、放熱部材が金属で構成されて上記放熱板上には絶縁性の中継基板を介して接合され、上記パワー半導体素子の上面には導電性接合部材を介して接合され、しかも、該放熱部材が、上記パワー半導体素子と上記パワー半導体モジュールの外部電極端子間を接続する電氣的配線を構成することを特徴とする請求項 1 または 2 記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 4】 絶縁性の中継基板が、パワー半導体素子を搭載する絶縁基板であることを特徴とする請求項 3 記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 5】 複数のパワー半導体素子が、その下面が放熱板上に搭載されて筐体内に収納されるパワー半導体モジュールにおいて、上記複数のパワー半導体素子の上面に接合される平板状またはブロック状の放熱部材を備え、上記パワー半導体素子の上面から上記放熱部材と他の上記パワー半導体素子を介して、上記放熱板に放熱するようにしたことを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項 6】 複数のパワー半導体素子が、放熱板上に絶縁基板を介して搭載され、放熱部材が金属で構成されて、上記複数のパワー半導体素子の上面に導電性接合部材を介して接合されたことを特徴とする請求項 5 記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 7】 放熱部材が、パワー半導体素子とパワー半導体モジュールの外部電極端子間を接続する電氣的配線を構成することを特徴とする請求項 6 記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 8】 放熱部材が、少なくとも  $200\text{ W/m K}$  の熱伝導率を有する金属材料で構成され、しかも少なくとも  $2\text{ mm}^2$  の熱伝導断面積を有することを特徴とする請求項 3、4、6 または 7 のいずれかに記載のパワー半導体モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、電力変換装置などに用いられるパワー半導体モジュール、特にパワー半導体モジュールの冷却構造に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来のパワー半導体モジュールの一例として、汎用の IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールの主要部の断面図を図 9 に示す。図 9 において、1 はアルミニウムや銅等からなる放熱板、2 は両面に銅等からなる金属薄板 2a (図示せず) が接着されたアルミナや窒化アルミニウム等からなる絶縁基板、3 は IGBT 素子、4 は IGBT 素子 3 のエミッタ電極、5 は IGBT 素子 3 のコレクタ電極である。絶縁基板 2 は半田等により放熱板 1 上に接合され、IGBT 素子 3 のコレクタ電極 5 は半田等の導電性材料で、絶縁基板 2 上の金属薄板 2a に電氣的に接続されて、IGBT 素子 3 は絶縁基板 2 を介して放熱板 1 上に搭載される。

【0003】また、6、7 はそれぞれ主回路配線の主要部をなすエミッタ用およびコレクタ用ブスバー、8、9 はそれぞれ外部配線と接続するためのエミッタ用およびコレクタ用の外部電極端子、10a、10b は両面に銅等からなる金属薄板 10c (図示せず) が接着されたアルミナ等からなる絶縁性中継基板であり、11 はアルミニウムワイヤである。エミッタ用およびコレクタ用の外部電極端子 8、9 は、エミッタ用およびコレクタ用ブスバー 6、7 を介して、エミッタ側およびコレクタ側の中継基板 10a、10b の金属薄板 10c にそれぞれ電氣的に接続され、IGBT 素子 3 のエミッタ電極 4 およびコレクタ電極 5 と中継基板 10a、10b の金属薄板 10c はアルミニウムワイヤ 11 により電氣的に接続されている。さらに、12 は IGBT 素子 3 を収納する筐体、13 はシリコンゲルであり、筐体 12 の内部はシリコンゲル 13 で封止されている。

【0004】IGBT モジュールは、放熱板 1 下で高熱伝導性のグリース等によってヒートシンク等の放熱器 (図示せず) に接合されており、IGBT モジュールの運転時に IGBT 素子 3 で発生する熱は、絶縁基板 2 と放熱板 1 とを介して放熱器に伝導し、これにより IGBT 素子 3 が冷却される。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の IGBT モジュールは以上のように構成されており、IGBT 素子 3 のエミッタ電極 4 側となる上面は、エミッタ電極 4 への電氣的配線として断面積の小さいアルミニウムワイヤ 11 のみが接合され、その他のエミッタ電極 4 面は熱伝導率の低いシリコンゲル 13 で覆われているため、IGBT 素子 3 で発生する熱は、エミッタ電極 4 側からほとんど放熱されない。従って、上記したように IGBT 素子 3 で発生する熱は、IGBT 素子 3 のコレクタ電極 5 面から絶縁基板 2 と放熱板 1 を介して放熱器に伝導し、これにより IGBT 素子 3 が冷却される。

【0006】近年、パワー半導体モジュールの大容量化やコンパクト化、高速化にともない、パワー半導体素子

の発熱密度が非常に大きくなってきている。しかしながら上述したような従来のパワー半導体モジュール構造では、IGBT素子3で発生する熱はコレクタ電極5面から放熱されるのみで、IGBT素子3のコレクタ電極5面から放熱器までの熱抵抗を低減させることには限界があり、パワー半導体モジュールの冷却性能をある程度以上に向上させるのは困難であった。IGBTモジュール内のIGBT素子3の数を増やすことにより、1素子当たりの発熱量の低減と、発熱源の分散化を図り、放熱板1の面積をできる限り熱伝導断面積として有効に利用

して、モジュールの冷却性能を向上させることもできるが、IGBT素子3の数が増えて、構造が複雑化、大型化し、コストも増加する等の問題があった。

【0007】この発明は、上記のような問題点を解消するために成されたものであって、パワー半導体モジュールにおける筐体内に収納されたパワー半導体素子から放熱板までの熱抵抗を低減して、パワー半導体モジュールの冷却性能を向上させることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明に係わる請求項1記載のパワー半導体モジュールは、パワー半導体素子が、その下面が放熱板上に搭載されて筐体内に収納され、上記パワー半導体素子の上面と上記放熱板上とに接合される平板状またはブロック状の放熱部材を備え、該放熱部材を介して上記パワー半導体素子の上面から上記放熱板に放熱するようにしたものである。

【0009】またこの発明に係わる請求項2記載のパワー半導体モジュールは、請求項1において、放熱板に段差を設けて、放熱部材が接合される領域の放熱板上面の高さを、該放熱板のパワー半導体素子搭載面の高さより高くしたものである。

【0010】またこの発明に係わる請求項3記載のパワー半導体モジュールは、請求項1または2において、パワー半導体素子が、放熱板上に絶縁基板を介して搭載され、放熱部材が金属で構成されて上記放熱板上には絶縁性の中継基板を介して接合され、上記パワー半導体素子の上面には導電性接合部材を介して接合され、しかも、該放熱部材が、上記パワー半導体素子と上記パワー半導体モジュールの外部電極端子間を接続する電氣的配線を構成するものである。

【0011】またこの発明に係わる請求項4記載のパワー半導体モジュールは、請求項3において、絶縁性の中継基板が、パワー半導体素子を搭載する絶縁基板であるものである。

【0012】またこの発明に係わる請求項5記載のパワー半導体モジュールは、複数のパワー半導体素子が、その下面が放熱板上に搭載されて筐体内に収納されるパワー半導体モジュールにおいて、上記複数のパワー半導体素子の上面に接合される平板状またはブロック状の放熱部材を備え、上記パワー半導体素子の上面から上記放熱

部材と他の上記パワー半導体素子を介して、上記放熱板に放熱するようにしたものである。

【0013】またこの発明に係わる請求項6記載のパワー半導体モジュールは、請求項5において、複数のパワー半導体素子が、放熱板上に絶縁基板を介して搭載され、放熱部材が金属で構成されて、上記複数のパワー半導体素子の上面に導電性接合部材を介して接合されたものである。

【0014】またこの発明に係わる請求項7記載のパワー半導体モジュールは、請求項6において、放熱部材が、パワー半導体素子とパワー半導体モジュールの外部電極端子間を接続する電氣的配線を構成するものである。

【0015】またこの発明に係わる請求項8記載のパワー半導体モジュールは、請求項3、4、6または7のいずれかにおいて、放熱部材が、少なくとも200W/mKの熱伝導率を有する金属材料で構成され、しかも少なくとも2mm<sup>2</sup>の熱伝導断面積を有するものである。

【0016】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 以下、この発明の実施の形態1を図について説明する。図1は、この発明の実施の形態1によるIGBTモジュールの主要部の構造を示す断面図である。図1において、14はアルミニウムや銅等からなる放熱板、15は両面に銅等からなる金属薄板15a（図示せず）が接着されたアルミナや窒化アルミニウム等からなる絶縁基板、16はパワー半導体素子としてのIGBT素子、17はIGBT素子16のエミッタ電極、18はIGBT素子16のコレクタ電極である。絶縁基板15は半田等により放熱板14上に接合され、IGBT素子16のコレクタ電極18は半田等の導電性材料で、絶縁基板15上の金属薄板15aに電氣的に接続されて、IGBT素子16は絶縁基板15を介して放熱板14上に搭載される。

【0017】また、19、20はそれぞれ主回路配線の主要部をなすエミッタ用およびコレクタ用ブスバー、21、22はそれぞれ外部配線と接続するためのエミッタ用およびコレクタ用の外部電極端子、23a、23bは両面に銅等からなる金属薄板24a、24b（図示せず）が接着されたアルミナ等からなる絶縁性中継基板、25はアルミニウムワイヤ、26は半田や導電性樹脂等からなる導電性接合部材であり、27は銅等の金属から成る平板状の放熱部材である。コレクタ用の外部電極端子22は、半田等により放熱板14上に接合された中継基板23bの金属薄板24bに、コレクタ用ブスバー20を介して電氣的に接続され、IGBT素子16のコレクタ電極18と中継基板23bの金属薄板24bはアルミニウムワイヤ25により電氣的に接続される。一方、エミッタ用の外部電極端子21は、半田等により放熱板14上に接合された中継基板23aの金属薄板24aに、エミッタ用ブスバー19を介して電氣的に接続され

る。金属から成る放熱部材 27 は導電性接合部材 26 を介して IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17 に接合され、さらに半田等により中継基板 23 a の金属薄板 24 a に接合される。このため、エミッタ電極 17 は放熱部材 27 を介して中継基板 23 a の金属薄板 24 a に電氣的に接続され、さらにエミッタ用ブスバー 19 を介してエミッタ用の外部電極端子 21 に電氣的に接続される。また、28 は IGBT 素子 16 を収納する筐体、29 はシリコンゲルであり、筐体 28 の内部はシリコンゲル 29 で封止されている。

【0018】IGBT モジュールは、放熱板 14 下で高熱伝導性のグリス等によってヒートシンク等の放熱器（図示せず）に接合されており、IGBT モジュールの運転時に IGBT 素子 16 で発生する熱を放熱板 14 を介して放熱器に伝導して放熱し、これにより IGBT 素子 16 が冷却される。この様に構成される IGBT モジュールでは、IGBT 素子 16 で発生する熱は、コレクタ電極 18 側の IGBT 素子 16 下面から絶縁基板 15 と放熱板 14 を介して放熱器に伝導される。一方エミッタ電極 17 側の IGBT 素子 16 上面では、放熱部材 27 が導電性接合部材 26 を介して IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17 に接合され、さらにこの放熱部材 27 は半田等により中継基板 23 a に接合されている。放熱部材 27 は断面積の大きな平板状であるため、熱伝導路として用いられ、IGBT 素子 16 で発生する熱は、IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17 側の IGBT 素子 16 上面からも、導電性接合部材 26、放熱部材 27、中継基板 23 a および放熱板 14 を介して放熱器に伝導される。

【0019】この実施の形態では、IGBT 素子 16 で発生する熱は、IGBT 16 のエミッタ電極 17 側、コレクタ電極 18 側の両側から放熱器へ伝導するので、従来の IGBT モジュールのように IGBT 素子 3 のコレクタ電極 5 側からのみ放熱器へ伝導するものに比べて、熱伝導路が増加するため熱抵抗が低減する。これにより IGBT モジュールの冷却性能が向上し、IGBT 素子 16 の発熱温度を低減することができる。また、放熱部材 27 を金属で構成したため、IGBT 素子 16 からの放熱を担うだけでなく、IGBT 素子 16 とエミッタ用の外部電極端子 21 間を接続する電氣的配線の一部を構成し、電氣的配線として用いられる。

【0020】なおこの実施の形態では、放熱部材 27 を平板状としたが、図 2 に示すようにブロック状にすることにより、熱伝導断面積をさらに大きくできて熱抵抗をより低減化することができる。

【0021】また、大容量 IGBT モジュールでは、IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17 への従来の電氣的配線部材として、直径約 0.5 mm のアルミニウムワイヤを複数本接合していたが、熱伝導断面積の合計が約 2 mm<sup>2</sup> を越えることはなかった。従って放熱部材 27 を、

少なくとも 200 W/mK の熱伝導率を有する金属材料で、例えば同程度の熱伝導率のアルミニウムやアルミニウムより熱伝導率の高い銅を使用する場合、断面積が少なくとも 2 mm<sup>2</sup> 以上であれば、従来の IGBT モジュールより IGBT 素子 16 の発熱温度を低減することができる。

【0022】また、中継基板 23 a は熱伝導率の高い材料が適しているが、さらに絶縁性の材料を使用しているため、放熱部材 27 と銅やアルミニウム等の導電性の放熱板 14 との間を絶縁することができる。

【0023】また、放熱板 14 として線膨張係数が小さい、例えばモリブデン、銅とモリブデンの複合材、銅とタングステンの複合材、アルミニウムと炭化珪素の複合材等を用いることもできる。放熱板 14 に銅やアルミニウムを用いた場合、絶縁基板 15 の線膨張係数が窒化アルミニウムで約  $4 \times 10^{-6} / K$  であるのに対して、放熱板 14 の線膨張係数は銅で約  $16 \times 10^{-6} / K$ 、アルミニウムで約  $23 \times 10^{-6} / K$  とその差が非常に大きい。ため、運転時に生じる温度変化によって絶縁基板 15 と放熱板 14 との接合部には比較的大きな熱応力が発生するものであった。この実施の形態では、熱伝導路を増加することにより冷却性能を高める構造としたため、銅やアルミニウムに比べて熱伝導率が小さいが、線膨張係数が小さい上記のような材料を放熱板 14 に用いることで、冷却性能を確保し、しかも絶縁基板 15 と放熱板 14 間に発生する熱応力が緩和できて、亀裂の発生などが防止でき信頼性を向上できる。

【0024】また放熱板 14 の材料に絶縁性のものを用いても良く、その場合、放熱板 14 上に絶縁基板 15 および絶縁性の中継基板 23 a、23 b を設けなくて良い。

【0025】またこの実施の形態では、放熱部材 27 は IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17 上の導電性接合部材 26 と中継基板 23 a 間の電氣的配線とし、中継基板 23 a からエミッタ用外部電極端子 21 間はエミッタ用ブスバー 19 を用いて接続しているが、放熱部材 27 を中継基板 23 a を経由して直接エミッタ用外部電極端子 21 に接続してもよい。さらに、放熱部材 27 の複数箇所を半田等により中継基板 23 a に接合してもよく、この場合、熱伝導路がさらに増加するため熱抵抗が低減し、これにより IGBT 素子 16 の発熱温度をさらに低減することができる。さらにまた、IGBT 素子 16 のコレクタ電極 18 とコレクタ用外部電極端子 22 の電氣的配線は、アルミニウムワイヤ 25 およびコレクタ用ブスバー 20 で構成されるものとしたが、これに限定されるものではない。

【0026】また、パワー半導体素子は IGBT 素子 16 に限るものではなく、例えばダイオード素子を用い、放熱部材 27 を導電性接合部材 26 を介してダイオード素子のアノード電極に接合し、さらにこの放熱部材 27

を半田等により中継基板23aに接合しても、同様に、ダイオード素子の発熱温度を低減することができる。

【0027】実施の形態2。上記実施の形態1では、放熱板14上でIGBT素子16を搭載する絶縁基板15と、放熱部材27を接合する中継基板23aとを別々に設けたが、図3に示すように、絶縁基板15を、中継基板23aと一体的に構成したものとしても良い。図に示すように、絶縁基板15上にはエミッタ用金属薄板15bとコレクタ用絶縁薄板15cとが互いに絶縁されて形成される。絶縁基板15は半田等により放熱板14上に接合され、IGBT素子16のコレクタ電極18は半田等の導電性材料で、絶縁基板15上のコレクタ用金属薄板15cに電氣的に接続される。放熱部材27は導電性接合部材26を介して、IGBT素子16のエミッタ電極17に接合され、さらに半田等により絶縁基板15上のエミッタ用金属薄板15bに接合される。

【0028】このため、上記実施の形態1と同様に、IGBT素子16で発生する熱は、IGBT素子16のコレクタ電極18側からだけでなくエミッタ電極17側からも放熱器に伝導され、熱伝導路が増加するため熱抵抗が低減する。これによりIGBTモジュールの冷却性能が向上し、IGBT素子16の発熱温度を低減することができる。さらにこの実施の形態では、放熱部材27はIGBT素子16を搭載した絶縁基板15上のエミッタ用金属薄板15bに接合されるので、放熱部材27を放熱板14に接続するための中継基板を設ける必要はなく、部品点数が低減でき構成が簡単になる。また放熱部材27の長さは、エミッタ用金属薄板15bとコレクタ用金属薄板15c間の距離に応じて低減することができ、この金属薄板15b、15c間の距離は互いの絶縁が確保されれば十分である。このため、放熱部材27は容易にその長さを低減することができ、放熱部材27の熱抵抗を低減でき、IGBT素子16の発熱温度を一層低減することができる。

【0029】実施の形態3。図4は、この発明の実施の形態3によるIGBTモジュールの主要部の構造を示す断面図である。図に示すように、放熱板14に段差を設けて、放熱部材27が接合される領域の放熱板14上面の高さを、IGBT素子16搭載面の高さより高くした。絶縁基板15は放熱板14の段差の低い領域14b（以下、薄肉部14bと称す）上に半田等により接合され、IGBT素子16のコレクタ電極18は半田等の導電性材料で、絶縁基板15上の金属薄板15a（図示せず）に電氣的に接続されて、IGBT素子16は絶縁基板15を介して放熱板14の薄肉部14b上に搭載される。また放熱部材27は導電性接合部材26を介して、IGBT素子14のエミッタ電極17に接合され、さらに放熱板14の段差の高い領域14a（以下、厚肉部14aと称す）上に接合された中継基板23aに半田等で接合される。

【0030】この場合も上記実施の形態1と同様に、IGBT素子16で発生する熱は、IGBT素子16のコレクタ電極18側から絶縁基板15と放熱板14とを介して放熱器に伝導されるだけでなく、IGBT素子16のエミッタ電極17側からも、導電性接合部材26、放熱部材27、中継基板23aおよび放熱板14を介して放熱器に伝導するので、熱伝導路が増加するため熱抵抗が低減する。これによりIGBTモジュールの冷却性能が向上し、IGBT素子16の発熱温度を低減することができる。

【0031】またこの実施の形態では、段差を有した放熱板14の厚肉部14a上に、エミッタ電極17側の放熱に用いる中継基板23aを接合した。放熱板14は熱伝導率の高い材料で構成され、しかも断面積が大きいものであり、板厚が大きくなるほど熱伝導断面積は広がっていく。従って、IGBT素子16で発生する熱を放熱する熱伝導路の熱抵抗を低減するため、熱伝導断面積をより大きくするには、断面積の大きい放熱板14を有効に利用することにより、その分、放熱部材27の長さを短くすることが、放熱部材27の熱伝導断面積を大きくするよりも効果的である。この様に、段差を有した放熱板14の厚肉部14b上に中継基板23aを接合し、放熱部材27の長さを短くして断面積の大きい放熱板14を利用することによって、IGBT素子16のエミッタ電極17から放熱器間における、導電性接合部材26、放熱部材27、中継基板23aおよび放熱板14の総熱抵抗を低減し、IGBT素子16の発熱温度を一層低減することができる。

【0032】実施の形態4。上記実施の形態1～3では、放熱部材27は金属で構成され、IGBT素子16からの放熱を担うだけでなく、IGBT素子16とエミッタ用の外部電極端子21間を接続する電氣的配線の一部を構成し、電氣的配線として用いたものであったが、放熱部材を絶縁性の材料で構成し、配線を別途設けても良く、図5に基づいて以下に説明する。図に示すように、エミッタ用の外部電極端子21に接続される電氣的配線としてエミッタ用ブスバー19を中継基板23aの金属薄板24a（図示せず）に電氣的に接続し、IGBT素子16のエミッタ電極17と中継基板23aの金属薄板24aとをアルミニウムワイヤ25aで電氣的に接続する一方、これらの電氣的配線とは別に、絶縁性の材料から成る放熱部材27a（以下、絶縁性放熱部材27aと称す）をIGBT素子16のエミッタ電極17と放熱板14とに接合するものである。

【0033】絶縁性放熱部材27aはIGBT素子16のエミッタ電極17に接合され、さらに放熱板14に接合されているので、IGBT素子16で発生する熱は、IGBT素子16のコレクタ電極18側から絶縁基板15および放熱板14を介して放熱器に伝導されるだけでなく、IGBT素子16のエミッタ電極17側からも、

10

20

30

40

50

絶縁性放熱部材 27a および放熱板 14 を介して放熱器に伝導されるため、熱伝導路が増加し熱抵抗が低減する。これにより IGBT モジュールの冷却性能が向上し、IGBT 素子 16 の発熱温度を低減することができる。さらにこの実施の形態では、絶縁性放熱部材 27a が絶縁材料で構成されているため、IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17、コレクタ電極 18 および放熱板 14 における互いの絶縁距離を考慮することなく絶縁性放熱部材 27a を接合することができ、IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17 と放熱板 14 とに接合する絶縁性放熱部材 27a の長さを、容易に短くできる。これにより熱抵抗を低減でき、IGBT 素子 16 の発熱温度をさらに低減できる。

【0034】絶縁性放熱部材 27a の絶縁性材料としては、熱伝導率の高い窒化アルミニウム等が適している。また、窒化アルミニウムの線膨張係数は約  $4 \times 10^{-6} / \text{K}$  であり、線膨張係数が約  $3 \times 10^{-6} / \text{K}$  である IGBT 素子 16 との線膨張係数差が小さくできる。このため、IGBT 素子 16 の発熱に伴う IGBT 素子 16 と絶縁性放熱部材 27a 間に発生する熱応力が低減でき、IGBT 素子 16 と絶縁性放熱部材 27a 間における熱応力による亀裂の発生を防いで、接触熱抵抗の増加を防止できる。

【0035】実施の形態 5. 図 6 は、この発明の実施の形態 5 による IGBT モジュールの主要部の構造を示す断面図である。図において、1~26、28 および 29 は上記実施の形態 1 と同じもの、30 は他のパワー半導体素子としてのダイオード素子、31 はダイオード素子 30 のアノード電極、32 はダイオード素子 30 のカソード電極、33 は銅等の金属から成る平板状あるいはブロック状の放熱部材である。ここでは、IGBT モジュールとして、IGBT 素子 16 とダイオード素子 30 とが、絶縁基板 15 を介して放熱板 14 上に搭載されて、逆並列、すなわち IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17 とダイオード素子 30 のアノード電極 31、IGBT 素子 16 のコレクタ電極 18 とダイオード素子 30 のカソード電極 32 がそれぞれ同電位になるよう接続されたものを用いる。図に示すように、IGBT 素子 16 のコレクタ電極 18 とダイオード素子 30 のカソード電極 32 は絶縁基板 15 上の金属薄板 15a (図示せず) に半田等の導電性材料で電気的に接続され、IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17 とダイオード素子 30 のアノード電極 31 はそれぞれ導電性接合部材 26 を介して放熱部材 33 で接合されている。さらに放熱部材 33 は半田等により放熱板 14 上の中継基板 23a に接合されている。また、ダイオード素子 30 と中継基板 23a とは IGBT 素子 16 に対してその両側に配置される。

【0036】この様な IGBT モジュールは、IGBT 素子 16 とダイオード素子 30 との発熱量は、IGBT 素子 16 の方が大きいものである。IGBT 素子とダイ

オード素子とが逆並列に接続された従来の IGBT モジュール構造では、それぞれの素子に発生した熱は、IGBT 素子ではコレクタ電極側からのみ、またダイオード素子ではカソード電極側からのみ放熱器へ伝導されるものであり、IGBT 素子の発熱温度はダイオード素子のそれより大きいものであった。

【0037】この実施の形態では、放熱部材 33 を導電性接合部材 26 を介して IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17 とダイオード素子 30 のアノード電極 31 とを接合し、さらにこの放熱部材 33 を中継基板 23a にも接合した。このため、IGBT 素子 16 で発生する熱は、エミッタ電極 17 側からダイオード素子 30 と中継基板 23a とに伝わり、ダイオード素子 30 から絶縁基板 15 を介して放熱板 14 に、また中継基板 23a から放熱板 14 に伝導され、さらに放熱器に伝導される。すなわち、IGBT 素子 16 で発生する熱は、IGBT 素子 16 のコレクタ電極 18 側から絶縁基板 15、放熱板 14 を介して放熱器に伝導する他に、IGBT 素子 16 のエミッタ電極 17 側から二つの熱伝導路を介して放熱器へ伝導される。従って、IGBT 素子 16 で発生する熱を放熱器へ伝導する熱伝導路が増加して熱抵抗が低減し、これにより IGBT 素子 16 の発熱温度を低減することができる。この際、ダイオード素子 30 の発熱温度は、従来の IGBT モジュールに比べて上昇するが、IGBT 素子 16 の発熱温度を越えることはない。

【0038】また、放熱部材 33 は金属で構成されるため、IGBT 素子 16 からの放熱を担うだけでなく、IGBT 素子 16 とダイオード素子 30 間を電気的接続し、さらに IGBT 素子 16 とエミッタ用の外部電極端子 21 間を接続する電気的配線の一部を構成し、電気的配線として用いられる。

【0039】なお、この実施の形態では、ダイオード素子 30 と中継基板 23a とは IGBT 素子 16 に対してその両側に配置されたが、IGBT 素子 16 と中継基板 23a とをダイオード素子 30 の両側に配置した構造でもよく、IGBT 素子 16 の発熱温度は従来のパワー半導体モジュールのものに比べ低減する。この場合、発熱温度の低減幅は、ダイオード素子 30 と中継基板 23a とが IGBT 素子 16 に対してその両側に配置されたものよりも小さいものである。

【0040】また、放熱部材 33 は中継基板 23a を経由して直接エミッタ用外部電極端子 21 に接続していてもよく、放熱部材 33 を導電性接合部材 26 を介してそれぞれ複数の IGBT 素子 16、ダイオード素子 30 に接合し、さらに放熱部材 33 の複数箇所を半田等により中継基板 23a に接合してもよく、同様な効果が得られることはいうまでもない。また、IGBT 素子 16 のコレクタ電極 18 およびダイオード素子 30 のカソード電極 32 とコレクタ用外部電極端子 22 の電気的配線も、アルミニウムワイヤ 25 とコレクタ用ブスバー 20 の構

成に限定されるものではない。

【0041】実施の形態6. 上記実施の形態5では、金属で構成された放熱部材33を導電性接合部材26を介して、IGBT素子16のエミッタ電極17とダイオード素子30のアノード電極31とに接合し、さらにこの放熱部材33を中継基板23aにも接合したが、図7に示すように、放熱部材33aをIGBT素子16とダイオード素子30とを接続する部分のみに配設しても良い。銅等の金属から成る平板状あるいはブロック状の放熱部材33aは、導電性接合部材26を介してIGBT素子16のエミッタ電極17とダイオード素子30のアノード電極31とに接合される。一方、放熱部材33aと中継基板23aの金属薄板24aとはアルミニウムワイヤ25aで電氣的に接続される。

【0042】この様なIGBTモジュールでは、IGBT素子16で発生する熱は、エミッタ電極17側から放熱部材33aを介してダイオード素子30に伝わり、ダイオード素子30から絶縁基板15を介して放熱板14に伝導され、さらに放熱器に伝導される。すなわち、IGBT素子16で発生する熱は、IGBT素子16のコレクタ電極18側から絶縁基板15、放熱板14を介して放熱器に伝導する他に、IGBT素子16のエミッタ電極17側からダイオード素子30を介して放熱器へ伝導される。従って、IGBT素子16で発生する熱を放熱器へ伝導する熱伝導路は、上記実施の形態5のものよりは少ないものであるが、従来のコレクタ電極18側からのみ熱伝導するものに比べ、増加するものである。このため従来のものに比べ熱抵抗が低減し、IGBT素子16の発熱温度を低減することができる。この際、ダイオード素子30の発熱温度は、従来のIGBTモジュールに比べて上昇するが、IGBT素子16の発熱温度を越えることはない。また、両素子16、30の発熱温度の差をできる限り小さくできる熱抵抗を有する放熱部材33aを用いるのが望ましい。また、放熱部材33aは金属で構成されるため、IGBT素子16からの放熱を担うだけでなく、IGBT素子16とダイオード素子30間を電氣的に接続する。

【0043】なお、放熱部材33aとエミッタ用外部電極端子21間の電氣的配線として、放熱部材33aと中継基板23a間をアルミニウムワイヤ25aで接続し、中継基板23aからエミッタ用ブスバー19でエミッタ用外部電極端子21へ接続したが、放熱部材33aを直接エミッタ用外部電極端子21に接続してもよい。

【0044】実施の形態7. 上記実施の形態6において、IGBT素子16とダイオード素子30とを接続する放熱部材33aを絶縁材料で構成し、電氣的配線を別途設けても良く、図8に基づいて以下に説明する。図に示すように、窒化アルミニウム等の絶縁材料から成る絶縁性放熱部材33bは、IGBT素子16のエミッタ電極17とダイオード素子30のアノード電極31に接合

され、別途配設されたアルミニウムワイヤ25bにより、IGBT素子16のエミッタ電極17とダイオード素子30のアノード電極31とは電氣的にも接続される。一方、ダイオード素子30のアノード電極31と中継基板23aの金属薄板24aとはアルミニウムワイヤ25aで電氣的に接続される。

【0045】この実施の形態においても、上記実施の形態の形態6と同様に、IGBT素子16で発生する熱は、絶縁性放熱部材33bを介してダイオード素子30に伝わり、ダイオード素子30から絶縁基板15を介して放熱板14に伝導される。すなわち、IGBT素子16で発生する熱は、IGBT素子16のコレクタ電極18側から絶縁基板15を介して放熱板14に伝導する他に、IGBT素子16のエミッタ電極17側からも、ダイオード素子30を介して放熱板14に伝導するので、従来のIGBTモジュールに比べて熱抵抗が低減し、これによりIGBT素子16の発熱温度を低減することができる。この際、上述した様にダイオード素子30の発熱温度は、従来のものに比べて上昇するが、IGBT素子16の発熱温度を越えることはない。また、両素子16、30の発熱温度の差をできる限り小さくできる熱抵抗を有する絶縁性放熱部材33bを用いるのが望ましい。

【0046】さらに絶縁性放熱部材33bが絶縁材料で構成されているため、IGBT素子16のエミッタ電極17とコレクタ電極18間、ダイオード素子30のアノード電極31とカソード電極32間の絶縁距離を考慮することなく、絶縁性放熱部材33bを接合することができ、IGBT素子16のエミッタ電極17とダイオード素子30のアノード電極31とに接合する絶縁性放熱部材33bの長さを、容易に短くできる。これにより熱抵抗を低減でき、IGBT素子16の発熱温度をさらに低減できる。

【0047】なお、上記実施の形態5～7ではIGBT素子16とダイオード素子30とを同一絶縁基板15上に搭載しているが、それぞれ別々の絶縁基板上に搭載しても良い。

【0048】

【発明の効果】以上のようにこの発明に係わる請求項1記載のパワー半導体モジュールは、パワー半導体素子が、その下面が放熱板上に搭載されて筐体内に収納され、上記パワー半導体素子の上面と上記放熱板上とに接合される平板状またはブロック状の放熱部材を備え、該放熱部材を介して上記パワー半導体素子の上面から上記放熱板に放熱するようにしたため、パワー半導体素子に発生する熱を放熱する熱伝導路が増加して熱抵抗を低減でき、パワー半導体素子の発熱温度を低減することができる。

【0049】またこの発明に係わる請求項2記載のパワー半導体モジュールは、請求項1において、放熱板に段



差を設けて、放熱部材が接合される領域の上記放熱板上面の高さを、該放熱板のパワー半導体素子搭載面の高さより高くしたため、パワー半導体素子に発生する熱を放熱する熱伝導路の熱抵抗を容易で効果的に低減でき、パワー半導体素子の発熱温度を一層低減することができる。

【0050】またこの発明に係わる請求項3記載のパワー半導体モジュールは、請求項1または2において、パワー半導体素子が、放熱板上に絶縁基板を介して搭載され、放熱部材が金属で構成されて上記放熱板上には絶縁性の中継基板を介して接合され、上記パワー半導体素子の上面には導電性接合部材を介して接合され、しかも、該放熱部材が、上記パワー半導体素子と上記パワー半導体モジュールの外部電極端子間を接続する電氣的配線を構成するため、パワー半導体素子の発熱温度を信頼性良く確実に低減できると共に、放熱部材が電氣的配線を構成することにより装置構成が簡便となる。

【0051】またこの発明に係わる請求項4記載のパワー半導体モジュールは、請求項3において、絶縁性の中継基板が、パワー半導体素子を搭載する絶縁基板であるため、装置構成が一層簡便となると共に、放熱部材の長さを容易に低減することができ、パワー半導体素子の発熱温度をさらに低減することができる。

【0052】またこの発明に係わる請求項5記載のパワー半導体モジュールは、複数のパワー半導体素子が、その下面が放熱板上に搭載されて筐体内に収納されるパワー半導体モジュールにおいて、上記複数のパワー半導体素子の上面に接合される平板状またはブロック状の放熱部材を備え、上記パワー半導体素子の上面から上記放熱部材と他の上記パワー半導体素子を介して、上記放熱板に放熱するようにしたため、パワー半導体素子に発生する熱を放熱する熱伝導路が増加して熱抵抗を低減でき、パワー半導体素子の発熱温度を低減することができる。

【0053】またこの発明に係わる請求項6記載のパワー半導体モジュールは、請求項5において、複数のパワー半導体素子が、放熱板上に絶縁基板を介して搭載され、放熱部材が金属で構成されて、上記複数のパワー半導体素子の上面に導電性接合部材を介して接合されたため、放熱部材が電氣的配線を構成し、装置構成が簡便となる。

【0054】またこの発明に係わる請求項7記載のパワ

ー半導体モジュールは、請求項6において、放熱部材が、パワー半導体素子とパワー半導体モジュールの外部電極端子間を接続する電氣的配線を構成するため、一層簡便な装置構成でパワー半導体素子の発熱温度を低減することができる。

【0055】またこの発明に係わる請求項8記載のパワー半導体モジュールは、請求項3、4、6または7のいずれかにおいて、放熱部材が、少なくとも200W/mKの熱伝導率を有する金属材料で構成され、しかも少なくとも2mm<sup>2</sup>の熱伝導断面積を有するため、パワー半導体素子に発生する熱を放熱する熱伝導路の熱抵抗を確実に低減でき、パワー半導体素子の発熱温度を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1によるパワー半導体モジュールの構造を示す断面図である。

【図2】 この発明の実施の形態1の別例によるパワー半導体モジュールの構造を示す断面図である。

【図3】 この発明の実施の形態2によるパワー半導体モジュールの構造を示す断面図である。

【図4】 この発明の実施の形態3によるパワー半導体モジュールの構造を示す断面図である。

【図5】 この発明の実施の形態4によるパワー半導体モジュールの構造を示す断面図である。

【図6】 この発明の実施の形態5によるパワー半導体モジュールの構造を示す断面図である。

【図7】 この発明の実施の形態6によるパワー半導体モジュールの構造を示す断面図である。

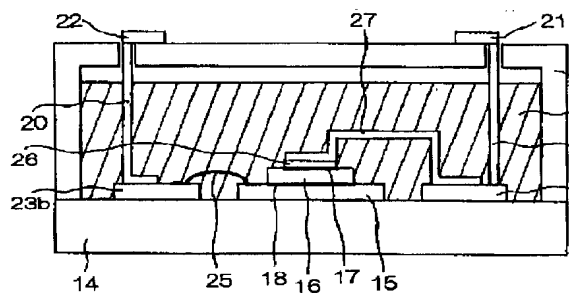
【図8】 この発明の実施の形態7によるパワー半導体モジュールの構造を示す断面図である。

【図9】 従来のパワー半導体モジュールの構造を示す断面図である。

【符号の説明】

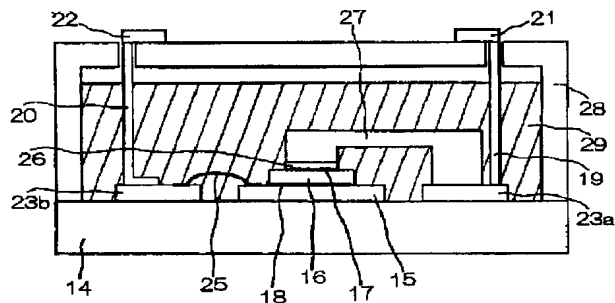
14 放熱板、14a 段差の高い領域、14b 段差の低い領域、15 絶縁基板、16 パワー半導体素子としてのIGBT素子、21 外部電極端子、23a 中継基板、26 導電性接合部材、27 放熱部材、27a 絶縁性放熱部材、28 筐体、30 パワー半導体素子としてのダイオード素子、33、33a 放熱部材、33b 絶縁性放熱部材。

【図1】

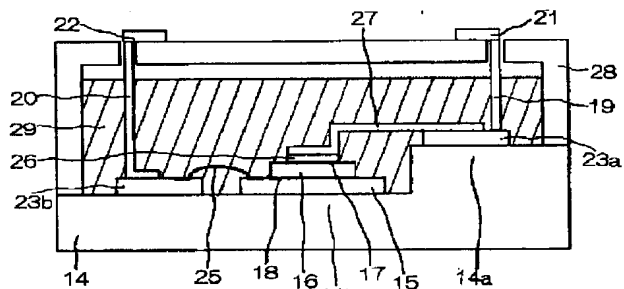


- 14: 放熱板      23a: 中継基板  
 15: 絶縁基板    26: 導電性接合部材  
 16: IGBT素子    27: 放熱部材  
 21: 外部電極端子    28: 筐体

【図2】

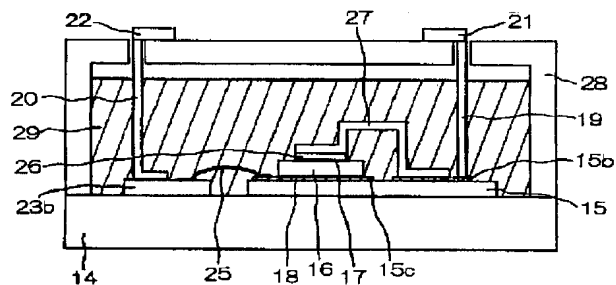


【図4】

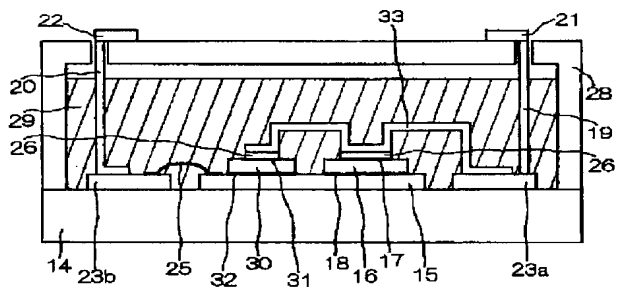


- 14a: 段差の高い領域    14b: 段差の低い領域

【図3】

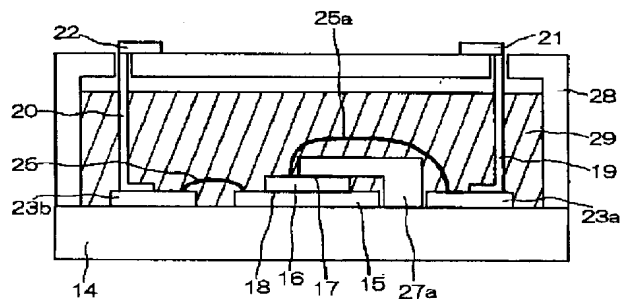


【図6】



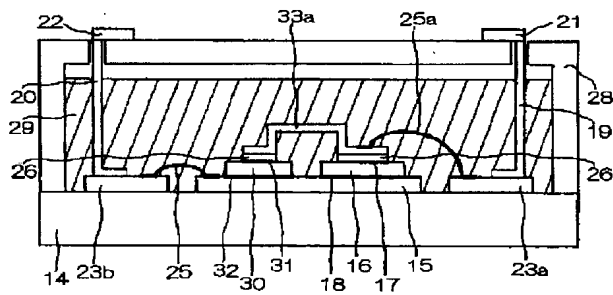
- 30: ダイオード素子    33: 放熱部材

【図5】



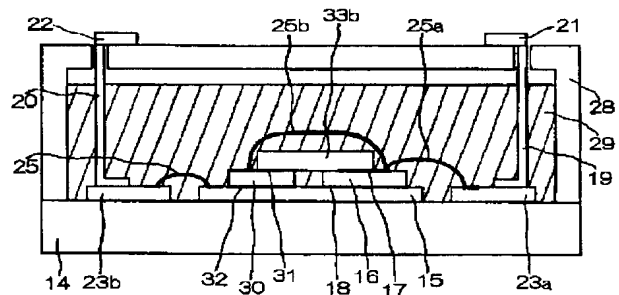
- 27a: 絶縁性放熱部材

【図7】



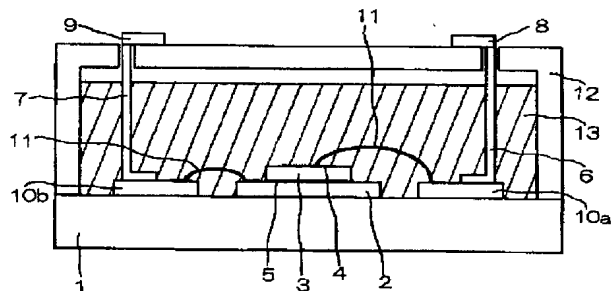
33a:放熱部材

【図8】



33b:絶縁性放熱部材

【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 大井 健史  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72)発明者 木ノ内 伸一  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72)発明者 堀口 剛司  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 菊永 敏之  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72)発明者 菊池 巧  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

Fターム(参考) 5F036 AA01 BB08 BB16 BB21 BB23  
BC06 BD01